

EduChallenge: Perspektiven auf Naturwissenschaften.

- Entwicklung eines innovativen Unterrichtskonzepts zum Bereich Nature of Science -

Jan Heysel^{1,✉}, Johanna Rätz², Inga Woeste¹, Vera Munz¹, Janina Beigel³, Frank Bertoldi²

¹ Universität Bonn, Physikalisches Institut, Fachdidaktik Physik, Nussallee 12, 53115 Bonn

² Universität Bonn, Argelander Institut für Astronomie, Auf dem Hügel 71, 53121 Bonn

³ Universität Heidelberg, Institut für Bildungswissenschaft, Akademiestraße 3, 69117 Heidelberg

✉ jan.heysel@uni-bonn.de

Zum Verständnis und der gemeinschaftlichen Lösung vieler gesellschaftlicher Herausforderungen des 21. Jahrhunderts sind ein Grundverständnis von und Kompetenzen zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sowie allgemein Kompetenzen des 4K-Modells elementar. Es gibt verschiedene didaktische Konzepte hierzu und doch scheint eine entsprechende Etablierung in der Unterrichtspraxis selten. Mit unserem Design-Based Research Projekt möchten wir dazu beitragen diese Lücke zwischen didaktischer Forschung und Unterrichtspraxis zu schließen.

Hierzu entwickeln wir sowohl einen inhaltlichen als auch einen methodischen Ansatz an der Schnittstelle zwischen Forschung und Praxis und führen diese anhand eines konkreten Beispiel-Lernarrangements zusammen. Die allgemeinen Konzepte und das konkrete Beispiel werden durch aufeinander aufbauenden Entwicklungs- und Erprobungszyklen weiterentwickelt.

Der inhaltliche Ansatz der *Perspektiven auf Naturwissenschaften* bündelt fachlich und didaktisch aufgearbeitete Konzepte naturwissenschaftlicher Forschung als Basis für einen expliziten Unterricht im Bereich *Nature of Science* und eine Kompetenzförderung im Bereich Erkenntnisgewinnung.

Die *EduChallenge* als methodischer Ansatz ist ein auf der Lerntheorie des *Deeper Learning* aufbauendes vielseitig einsetzbares Lernarrangement, das insbesondere eine Kompetenzförderung der 4K zum Ziel hat.

Das Beispiel-Lernarrangement, das beide Ansätze kombiniert, wurde in einem ersten Zyklus Ende 2021 an zwei Schulen erprobt. Es werden hier die Ergebnisse der formativen Evaluation zusammengefasst. Diese zeigen die Durchführbarkeit der Ansätze sowie Entwicklungsmöglichkeiten.

1. Motivation und Hintergrund

1.1 Gesellschaftliche Relevanz

Schlüsselprobleme des 21. Jahrhunderts wie der Klimawandel, nachhaltige Energieversorgung oder die Eindämmung von Pandemien zeichnen sich durch eine komplexe Verknüpfung von politischen, ethisch-moralischen, wirtschaftlichen und naturwissenschaftlichen Aspekten aus. Zur mündigen Partizipation an gesellschaftlichen Debatten zu solchen *Socio-Scientific Issues* ist daher auch ein Grundverständnis naturwissenschaftlicher Forschung und Erkenntnisgewinnung notwendig.

1.2 Curriculare Verankerung

Die Förderung eines solchen Grundverständnisses naturwissenschaftlicher Forschung ist als Grundlage des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung in Deutschland Teil der KMK-Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer (z.B. für Physik in Kultusministerkonferenz, 2020) und wurde entsprechend in den Kernlehrplänen der Bundesländer verankert (z.B. für NRW im KLP des Schulministeriums, 2014). Weltweit werden entsprechende Inhalte der s.g. *Nature of Science* (NOS) als wichtige Aspekte naturwissenschaftlicher Schulbildung betont (Lederman & Lederman, 2019, S. 2).

1.3 Schülervorstellungen

Dennoch bleiben Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlichem Forschen und Wissen oft durch undifferenzierte und eher naiv-empiristische Vorstellungen geprägt (Höttecke & Hopf, 2018, S. 278). Schüler:innen stellen sich oft „unter naturwissenschaftlichem Wissen etwas Gesichertes, Feststehendes und zugleich in fachspezifischen Symbolsystemen Aufbewahrtes“ vor (ebd.). Solches Wissen bilde demnach „die Natur in gewisser Weise nach. Gesetze ‚stecken‘ also schon in der Natur, bevor sie jemand ‚entdeckt‘ oder ‚findet‘“ (ebd.). Solche Vorstellungen widersprechen einer differenzierten Einsicht in naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse und erschweren damit eine mündige Teilnahme an entsprechenden gesellschaftlichen Debatten.

Lederman & Lederman (2019, S. 2) sehen die Ursachen solcher undifferenzierten Vorstellungen zu NOS darin, dass explizite Vorstellungen zu NOS selten unterrichtet würden. Dies liege primär daran, dass Lehrkräfte selber oft keine fundierten Vorstellungen zu NOS besäßen und damit alleine gelassen würden, wie Unterricht zu NOS gestaltet sein könnte. Dies ist bemerkenswert, da die fachdidaktische Literatur nebst Betonung der gesellschaftlichen Relevanz auch konzeptionelle Ansätze

(Billion-Kramer, 2021; Heering & Kremer, 2018) und konkrete Unterrichtskonzeptionen (Höttecke & Schecker, 2021) im Bereich NOS bietet. Letztere scheinen die Unterrichtspraxis zu selten zu erreichen.

1.4 Zielsetzung und Vorgehen im Projekt

Ziel unseres *Design-Based Research* Projekts (DBR, vgl. Barab, 2005; Euler & Sloane, 2014) ist es daher praxistaugliche Gestaltungsprinzipien für Lernarrangements zu entwickeln, durch die die Lernenden den Prozess naturwissenschaftlicher Forschung aus verschiedenen Perspektiven verstehen, sowie naturwissenschaftliche Erkenntnisse hinsichtlich ihrer Sicherheit und Aussagekraft wie auch ihrer Grenzen und Entwicklungsfähigkeit bewerten und für fundierte Entscheidungsprozesse nutzen können. Mit dem Konzept der *EduChallenge* verfolgen wir darüber hinaus das Ziel ein auf diverse Fächer und Kontexte übertragbares Lernarrangement zu entwickeln, das zusammen mit den inhaltlichen Lernzielen des jeweiligen Fachs die übergreifenden Kompetenzen des 4K-Modells, Kommunikation, Kooperation, Kreativität und kritisches Denken (vgl. Sliwka & Klopsch, 2022, S. 73), fördert.

Die entwickelten Gestaltungsprinzipien und zugehörige Unterrichtsbeispiele sollen wissenschaftlich fundiert und in der Schulpraxis erprobt und evaluiert sein, zu den Vorgaben der Kernlehrpläne passen und im Regelunterricht nutzbar sein. Die zugehörigen Materialien sollen frei verfügbar und leicht zugänglich sein und mit Begleitmaterialien für Lehrkräfte sowie einem Vorschlag für einen Bewertungsleitfaden versehen sein.

Zu diesem Ziel entwickeln wir das inhaltliche Konzept der *Perspektiven auf Naturwissenschaften* (Heysel & Bertoldi, 2021) (Abschnitt 2) sowie das inhaltsunabhängige methodische Konzept der *EduChallenge* (Abschnitt 3.2), welches auf der Lerntheorie des *Deeper Learning* (Sliwka, 2018; Sliwka & Klopsch, 2022) aufbaut (Abschnitt 3.1). Beide Konzepte kombinieren wir in einem Beispiel-Lernarrangement (Abschnitt 3.3).

Dieses Lernarrangement wurde im ersten Erprobungszyklus 2021 summativ und formativ evaluiert, wobei der Fokus auf der formativen Evaluation lag. Deshalb wird in diesem Artikel (Abschnitt 4) der Fokus auf die formative Evaluation gelegt und nur deren Methodik und Ergebnisse dargestellt. Aufbauend auf den formativen Ergebnissen wird ein Ausblick auf den zweiten Erprobungszyklus gegeben und ein Fazit gezogen (Abschnitt 5).

2. Perspektiven auf Naturwissenschaften

Auf verschiedenen in der Literatur belegte Gestaltungsmerkmalen zu einem expliziten Unterricht zu NOS bauen wir auf: ein Unterricht zu NOS sollte eine explizite, reflexive Thematisierung von NOS beinhalten (Lederman & Lederman, 2019). Er sollte dabei

jedoch nicht nur allgemeine Prinzipien auflisten, sondern eine aktive Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Methoden und Prinzipien im eigenen Handeln ermöglichen (Duschl & Grandy, 2013). Er sollte grundlegende Konzepte zu Naturwissenschaften einführen, die „Familienähnlichkeitsmerkmale“ verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen bilden (Dagher & Erduran, 2016; Erduran & Dagher, 2014a; Irzik & Nola, 2011). Er sollte Wissenschaft und deren Funktion im Kontext von Gesellschaft reflektieren (Zemplén, 2009) sowie Informationskanäle, insb. auch Soziale Medien, über die Informationen aus Wissenschaften die Menschen einer Gesellschaft erreichen (Höttecke & Allchin, 2020).

Allerdings weisen diese Ansätze auch Probleme auf, bzw. lassen weiterhin eine Lücke zu einer Umsetzung in der Schulpraxis frei: bei dem *consensus view*-Ansatz der Lederman-Gruppe besteht die Gefahr einer Übereinfachung (Matthews, 2012) sowie eines Auswendiglernens von Merksätzen, die kein tiefes Verständnis beinhalten (Duschl & Grandy, 2013). Bei den Ansätzen der „Version 2“ von Duschl & Grandy (2013) fehlt eine fachdidaktische Aufbereitung der Konzepte, mit denen sich die Lernenden auseinandersetzen sollen. Erduran & Dagher (2014b) beschreiben solche Konzepte, jedoch entfernt von der Schulpraxis und ohne konkrete Vorschläge zur Umsetzung im Unterricht. Insgesamt scheint eine Kombination von allgemeinen fachdidaktischen Ansätzen mit unterrichtspraktischen Umsetzungsmöglichkeiten im Bereich NOS bisher zu selten.

Mit dem Ansatz der *Perspektiven auf Naturwissenschaften* (PAN) möchten wir dazu beitragen, diese Lücke zu schließen.

Hierzu wählen wir zunächst Konzepte aus,

- a) die exemplarisch, bzw. charakteristisch für naturwissenschaftliches Forschen und daraus resultierende Ergebnisse sind;
- b) die sowohl als allgemeines Konzept verstehbar als auch - in einer übersetzten Form - in praktischen eigenem Tun umsetzbar sind;
- c) die zu der als Ziel angestrebten Kompetenzförderung nötig und hilfreich sind und damit für Gegenwart und Zukunftsgestaltung der Jugendlichen relevant sind¹.

Die ausgewählten Konzepte arbeiten wir fachlich und fachdidaktisch auf, sodass eine Informationsbasis für Lernende entsteht. Sie dienen als Grundlage für einen darauf aufbauenden Kompetenzerwerb zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Hierzu kombinieren wir die Konzepte mit konkreten und anwendbaren Gestaltungsprinzipien für Unterricht, die wir an Beispiel-Lernarrangements erproben.

Die „Perspektiven“, unter denen die auszuwählenden Konzepte strukturiert werden, sind die logisch-

¹ Zu diesen Kriterien vergleiche die Kriterien von Lederman & Lederman (2019, S. 2) und Klafkis (2007, S. 270ff) didaktische Analyse.

methodologische, die historische, die soziologische und die ethisch-philosophische Perspektive (Heysel & Bertoldi, 2021). Die Wahl dieser Perspektiven erfolgte so, dass unter einer möglichst kleinen Zahl an Perspektiven ein möglichst umfassender Blick auf multiple Aspekte von Naturwissenschaft möglich wird. Diese Perspektiven greifen dabei Konzepte auf, die basierend auf einer Analyse fachdidaktischen Literatur die Kriterien a bis c erfüllen.

Im ersten Zyklus des hier vorgestellten Projekts wurden folgende Konzepte berücksichtigt: ‚Wissenschaft als Funktionssystem einer Gesellschaft‘, das methodische Konzept der ‚hypothetisch-deduktiven Nachprüfung‘ von Popper (1935), das ‚Zwei-Phasen-Modell‘ wissenschaftlicher Entwicklung von Kuhn (1970), ‚Modelle in Naturwissenschaften‘, ‚naturwissenschaftliche Simulationen‘, ‚Peer Review als Methode wissenschaftlicher Qualitätssicherung‘. Der Ein- oder Ausschluss von Konzepten ist Teil der Entwicklung sodass diese Aufzählung nicht abschließend zu verstehen ist.

3. Konzept der EduChallenge allgemein

Zur methodischen Gestaltung eines Lernarrangements nutzen wir den inhaltsunabhängigen Ansatz der *EduChallenge*, den wir entwickeln und erproben. Hier stellen wir zunächst *Deeper Learning* (Sliwka, 2018; Sliwka & Klopsch, 2022), die dem *EduChallenge*-Konzept zugrunde liegende Lerntheorie, sowie die Idee einer *EduChallenge* im Allgemeinen vor und gehen dann auf das vorliegende Beispiel der *EduChallenge: Perspektiven auf Naturwissenschaften* ein.

3.1. Deeper Learning als pädagogische Basis einer EduChallenge

Deeper Learning ist eine „Pädagogik des digitalen Zeitalters“ (Sliwka & Klopsch, 2022) und zielt darauf, Lernende auf die Lebenswelt des 21. Jahrhunderts vorzubereiten (Fullan, Quinn, & McEachean, 2017; Mehta & Fine, 2019). Im Vordergrund steht dabei ein erfahrungsorientiertes, ganzheitliches Lernen mit Tiefgang, in dem Wissen – als Rohstoff der digitalisierten Wissensgesellschaft – zu Können transformiert wird (Sliwka & Klopsch, 2022). Hierzu verbindet das für den hiesigen Kulturraum angepasste Modell von *Deeper Learning* ein transmissives und ein konstruktivistisches Lernverständnis und bringt diese zu einer „produktiven Synthese“ (Sliwka & Klopsch, 2022, S. 36). *Deeper Learning* wird im Unterricht durch drei Phasen strukturiert, „die Wissen mit Handeln verknüpfen und schließlich zu authentischen Leistungen führen“ (Beigel, Klopsch, & Sliwka, 2022, S. 14).

Den Einstieg in eine *Deeper Learning*-Sequenz bildet die Phase der Instruktion und Aneignung (Beigel, Runge, & Sliwka, 2021; Sliwka, 2018; Sliwka & Klopsch, 2022). Diese erste Phase umfasst „lehrerorganisierte und lehrergesteuerte Instruktion

zur Aneignung von fachlichen (Schlüssel-) Konzepten und zentralen Wissensbeständen“ (Beigel et al., 2022). Bei den Lernenden soll zugleich Interesse geweckt und ein solides Wissensfundament errichtet werden. Darauf baut mit der Phase der „ko-konstruktiv und ko-kreativ vertiefenden Auseinandersetzung“ (Sliwka & Klopsch, 2022) das Herzstück der *Deeper Learning*-Sequenz auf. Dabei arbeiten die Schüler:innen kreativ und problemlösend mit dem vorab erworbenen Wissen an oftmals selbst gewählten Vorhaben und kreieren dabei authentische Lernleistungen. Auf Basis des in der ersten Phase erworbenen Wissens werden in dieser Phase Kompetenzen der 21st Century Skills aufgebaut. Die vertiefende Arbeit erfolgt meist in kleinen Teams, die dazu angeregt werden, eigene Entscheidungen zu treffen. Lernpfade können dabei vielfältig gestaltet und je nach Entwicklungsstand selbst organisiert werden. Abschließend steht eine Phase, in der eine authentischen Leistung erbracht und gezeigt wird (Beigel et al., 2022; Sliwka & Klopsch, 2022). Durch diese Phasen werden die Lernenden bei der Aneignung von tiefgreifendem Fachwissen (*Mastery*) und dem kreativen handlungsorientierten Umgang damit (*Creativity*) in ihrer Identitätsentwicklung (*Identity*) unterstützt (Beigel et al., 2022; Mehta & Fine, 2019; Sliwka & Klopsch, 2022). Dabei sollen die Lernenden einerseits strukturiert ihr Lernziel verfolgen und sich andererseits frei kreativ entfalten können. Diese beiden in einem Spannungsverhältnis stehenden Ziele werden beim Co-Design einer Sequenz ausbalanciert. Im Zentrum steht dabei die Frage, wieviel Freiraum und Struktur die Schüler:innen entsprechend ihrer Lernvoraussetzungen für die *Deeper Learning*-Sequenz benötigen, sodass sie ihren eigenen Lernweg gestalten können (Crosslin, 2021). Die Lernenden müssen sich also einen eigenen Lernpfad aus den Angeboten der von den Lehrkräften bereitgestellten Lernumgebung schaffen. Es bedarf folglich eines gerüstartig strukturierenden Lerndesigns, um die ko-konstruktive und ko-kreative Phase zu modellieren. Dieses Gerüst soll den Lernenden Orientierung bieten, ohne sie in Kreativität, Antrieb oder Interessen zu limitieren und dazu beitragen, dass sie bedeutungsvolles Lernen erleben können. Das kann durch die Integration von methodisch-didaktischen Gestaltungsprinzipien aus verschiedenen Ansätzen, wie etwa Problembasiertes, Designbasiertes oder Forschend-erkundendes Lernen gelingen. In diese Gestaltungsvielfalt lässt sich die Idee der *EduChallenge* einordnen.

3.2 Aufbau einer EduChallenge

Mit dem Konzept der *EduChallenge* möchten wir eine Blaupause für ein Lernarrangement schaffen, das für multiple Unterrichtssituationen und Kontexte in vielen Fächern übertragbar ist. Gemeinsam ist diesen Unterrichtssituationen, dass darin motivierend kreative Problemlöseprozesse angeregt und die Kompetenzen des 4K-Modells, also Kommunikation, Kooperation, Kreativität und kritisches Denken (vgl.

Sliwka & Klopsch, 2022, S. 73), gefördert werden sollen. Hierzu greifen wir die Idee einer *Challenge* auf, die Jugendlichen aus ihrer Lebenswirklichkeit und Sozialen Medien oft bekannt ist, und übertragen diese als *EduChallenge* in den Bildungskontext². Neben dem motivierenden Charakter einer *Challenge*, bieten sich Herausforderungen (engl. „challenge“) als roter Faden eines Lernarrangements zur Kompetenzförderung geradezu *a priori* an: unter Verwendung eines „funktional-pragmatischen Kompetenzbegriffs“ werden Kompetenzen als „grundsätzliche Fähigkeit zur Bewältigung von Herausforderungen“ aufgefasst (Jung, 2010, S. 13f). Die Beziehung zwischen Kompetenz und Herausforderung ist hier eine doppelte: einerseits werden Kompetenzen als Performanz in der Bewältigung von Herausforderungen sichtbar, andererseits werden sie gerade in der Bewältigung von Herausforderungen gebildet (ebd., S. 21). Eine Herausforderung / *Challenge* kann daher als genuine Lernsituation zur Kompetenzförderung betrachtet werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass „[h]erausfordernde Situationen [...] nur dann kompetenzentwicklungsförderlich [sind], wenn aus ihnen der Wille nach einer positiven Bewältigung im Sinne einer angestrebten Überwindung der ursächlichen Herausforderung erwächst“ (ebd., S.14). Es gilt also eine *EduChallenge* so zu gestalten, dass die Lernenden die Herausforderung als authentisch und sinnstiftend erleben, sodass eine innere Motivation entsteht die *Challenge* bewältigen zu wollen.

Dieser Anspruch besteht insbesondere an die erste der vier Phasen einer *EduChallenge* (vgl. Abb. 1), die Stellung der *Challenge*. Hierzu eignet sich das Auswählen eines möglichst authentischen Lernanlass. Die *Challenge* sollte so gestellt sein, dass sie durch ein präsentierbares authentisches Produkt gelöst werden kann. Ist das Ziel klar und motivierend, kann diese Motivation auch für den Lernprozess genutzt werden.

Die folgenden drei Phasen der *EduChallenge* folgen analog zu den Phasen des *Deeper Learning*.

Die *Deeper Learning*-Phase der Instruktion und Aneignung stellt in der *EduChallenge* eine Basis zur Bewältigung der Herausforderung dar. Demgemäß sollten die im Rahmen der *EduChallenge* eingeführten zentralen Konzepte aus der *Challenge* heraus zu motivieren und sowohl *notwendig* zur Lösung der *Challenge* als auch *hinreichend* hierzu sein (sofern eine darüberhinausgehende eigenständige Erarbeitung weiterer Inhalte nicht ebenfalls Teil der *EduChallenge* ist). Diese Konzepte können von der Lehrkraft eingeführt werden oder (wie in unserem Beispiel) durch eine digitale „Informationsbasis“ (hybride Lernumgebung), die zentrale, zur Bewältigung der *Challenge* nötige Konzepte und Inhalte durch Medien zur Verfügung stellt. Die Inhalte

sind hierbei idealerweise auf verschiedene Leistungsniveaus differenziert und durch multiple Repräsentationsformen dargeboten, um den Lernenden individuell optimale Lernwege zu ermöglichen.

Die *Deeper Learning*-Phase der Ko-Konstruktion ist in der *EduChallenge* der zentrale Schritt zur Bewältigung der *Challenge*. Die Lernenden arbeiten hier als Kleingruppe kollaborativ an einer kreativen Problemlösung, mit der sie die *Challenge* lösen. In diesem Prozess erstellen sie ein Produkt, das die *Challenge* meistert. Bereits beim Betrachten eines ersten Prototyps des Lernprodukts kann ein formatives Feedback der Lehrkraft oder Peer-Feedback erfolgen, welches die Lernenden in der weiteren Ausarbeitung unterstützt und Fehler korrigiert. Worin das Lernprodukt besteht, hängt ganz von der gestellten *Challenge* ab. Das Lernprodukt kann verschiedenste kreative Formen annehmen. Es kann ein „handfestes“ Produkt sein wie etwa ein im 3D-Drucker hergestellter Prototyp, aber auch die grafische Darstellung einer Strategie oder ein Text wie z.B. ein Bericht sind denkbar. Folgende Punkte sind solchen möglichen Lernprodukten jedoch gemeinsam: (i) Sie lösen die gestellte *EduChallenge*. (ii) Die Erarbeitung ist eine lösbare, aber nicht zu einfache Herausforderung. (iii) Das Produkt ist in dem jeweiligen Kontext authentisch.

Dieses authentische Lernprodukt wird abschließend in der Lerngruppe, der Schule oder einer weiteren Öffentlichkeit präsentiert. Dies entspricht der *Deeper Learning*-Phase der authentischen Leistung. Eine gelungene Problemlösung sollte in einem möglichst authentischen Rahmen Wertschätzung erfahren und es sollte ein lernförderliches Feedback erfolgen. Idealerweise spannt sich in der Präsentation und dem Feedback ein Bogen zurück zur Stellung der *Challenge*.

3.3 Die „EduChallenge: Perspektiven auf Naturwissenschaften“ als Beispiel zur „EduChallenge“ und den „Perspektiven“

Um die beiden allgemeinen Konzepte der *Perspektiven auf Naturwissenschaften* (inhaltlich) und der *EduChallenge* (methodisch) zu erproben und weiterzuentwickeln, haben wir als Beispiel dazu ein Lernarrangement entwickelt, das methodisch eine *EduChallenge* ist und inhaltlich auf eine Förderung des Konzeptverständnisses zu Konzepten im Rahmen der *Perspektiven auf Naturwissenschaften* abzielt. Dieses Lernarrangement trägt im ersten Entwicklungszyklus den Titel *EduChallenge: Perspektiven auf Naturwissenschaften* (kurz: *EduChallenge: PAN*). Es wurde für einen Einsatz im Physikunterricht der Einführungsphase der Oberstufe mit einem Umfang von 10 Schulstunden konzipiert und fügt sich in das für diese Stufe curricular vorgegebene Inhaltsfeld der klassischen Mechanik ein.

² Es gibt bereits verschiedene „Entrepreneurial Challenges“ auf der Seite *Youth Start* (<http://www.youthstart.eu/de/challenges/>) in dem Kontext von *Entrepreneurship Education* (Bijedić, Ebberts, &

Halbfas, 2019). Weitergehende Challenges im (allgemeinen) Bildungsbereich sind den Autor:innen nicht bekannt.

Ziele des Lernarrangements in diesem ersten Zyklus waren distal die Förderung eines Verständnisses naturwissenschaftlicher Forschung und Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung sowie allgemein die Förderung von kollaborativen, problem-lösenden und kreativen Kompetenzen. Proximal wurde eine Konzepterweiterung zu den sechs in Abschnitt 2 genannten Konzepten angestrebt.

Der grundlegende Aufbau dieses Beispiels einer *EduChallenge* entspricht dem oben skizzierten und aus den *Deeper Learning*-Phasen abgeleiteten Phasen einer *EduChallenge*. Hier skizzieren wir den Planungsentwurf zum ersten Erprobungszyklus (vgl. Abb. 1):

3.3.1 Stellung der Challenge

Die Herausforderung der EduChallenge: PAN wurde folgendermaßen formuliert: „Erforsche und modelliere eine Wurfbewegung in einer Sportart deiner Wahl und veröffentliche die Ergebnisse deiner Forschung.“ Um diese Challenge authentisch zu stellen, wurde ein Video in einer Forschungsgruppe der Universität Bonn aufgenommen. Dieses zeigt Parallelen zwischen der tatsächlichen cutting-edge Forschung der Universität und dem von den Schüler:innen erforderlichen Vorgehen auf, greift die Relevanz von Forschung und der Auseinandersetzung damit auf und mündet in der genannten Challenge.

3.3.2 Laborbuch & Informationsbasis

Um für die Aneignungsphase eine ausgewogene Balance zwischen notwendiger Anleitung und eigenverantwortlich, leistungsdifferenzierter Selbststeuerung durch die Lernenden zu finden, wird für das hybride Lernarrangement ein analoges „Laborbuch“ (Heft aus Papier) und eine digitale „Informationsbasis“ (Website) kombiniert.³

Das Laborbuch leitet einerseits die Aneignung von Inhalten an. Dies stellt ein *Scaffolding* dar, um den Lernenden eine Unterstützung im Prozess ihrer zunehmenden Selbststeuerung zu geben. Durch QR-Codes an den entsprechenden Stellen des Laborbuchs werden die Lernenden jeweils an die entsprechenden Stellen der Informationsbasis geleitet, wo Medien

verschiedener Repräsentationsformen (Erklärvideos, Abbildungen, Text, interaktive H5P-Aufgaben) eine Erarbeitung der Inhalte und Konzepte sowie kurze Verständniskontrollen zu den dargebotenen Inhalten ermöglichen. Andererseits dient das Laborbuch der Dokumentation des Arbeitsprozesses und der Ergebnissicherung. Im Laborbuch notierte Ergebnisse können anschließend jeweils mit einer Beispiellösung verglichen werden.

3.3.3 Arbeit in Forschungsgruppen

Bereits die Aneignungsphase mit Laborbuch und Informationsbasis erfolgt in Dreiergruppen, die dem Kontext entsprechend als „Forschungsgruppen“ bezeichnet werden. Auch die auf den erarbeiteten Inhalten aufbauende ko-konstruktive Arbeitsphase, erfolgt in den gleichen Forschungsgruppen. Darin führen die Jugendlichen eine Wurfbewegung real aus und filmen diese. Außerdem erstellen sie eine numerische Simulation einer Wurfbewegung mit dem Modell des schiefen Wurfs (Annahmen: reibungsfrei, Punktmasse) was in einem Video dieser Simulation resultiert. Die Videos der realen und der simulierten Bewegung werden überlagert und verglichen. Hierauf aufbauend wird das Verhältnis von Realität, Modell und Simulation diskutiert und die Güte der eigenen Simulation bewertet. Zur Ergebnissicherung und praktischen Erfahrung des Konzepts des Peer-Review-Verfahrens wird abschließend in jeder Gruppe ein wissenschaftlicher Artikel verfasst. Alle Teilnehmenden begutachten einen fremden Artikel und geben eine Rückmeldung dazu. Der eigene Artikel wird innerhalb der eigenen Gruppe überarbeitet.

3.3.4 „Veröffentlichung“ der Ergebnisse

Die finalen Artikel werden auf einer (im ersten Zyklus passwortgeschützten) Website „veröffentlicht“. Es wird Raum für Feedback durch die Lehrkraft (bzw. das Team der Universität) gegeben.



Abb.1: Phasen einer *EduChallenge* allgemein und die Umsetzung in dem vorliegenden Beispiel-Lernarrangement

³ Link zum Laborbuch (pdf) im ersten Zyklus: <https://uni-bonn.sciebo.de/s/MSI0n9550ujjAIV> | Link zur

Informationsbasis im ersten Zyklus: <https://didaktik.physik.uni-bonn.de/educhallenge-pan/>

4. Formative Evaluation des ersten Zyklus der EduChallenge: PAN

Die skizzierte Konzeption der EduChallenge wurde im November und Dezember 2021 in zwei Kursen (zusammen N=31 Lernende, zwei Lehrkräfte) an Gymnasien in Bornheim und Köln (beides NRW) erprobt und sowohl summativ als auch formativ evaluiert. Da der Gesamtfokus der Evaluation des ersten Prototyps auf der formativen Evaluation lag, werden nur deren Ergebnisse hier zusammengefasst. Weitere Ergebnisse finden sich in den am Projekt beteiligten Masterarbeiten von Rätz (2022), Munz (2022) und Woeste (2022). Die formative Evaluation diente der Forschungsfrage, wie die Intervention entsprechend ihrer Ziele möglichst lernförderlich und effizient weiterentwickelt werden kann. Hierzu wurde ein *mixed-method* Ansatz verfolgt, der eine Analyse der summativen Ergebnisse, schriftliches Feedback aller teilnehmenden Schüler:innen in einem Posttest, Gruppeninterviews mit den Schüler:innen sowie Einzelinterviews mit den beteiligten Lehrkräften umfasste. Alle Interviewaufzeichnungen wurden transkribiert. Die Transkripte der Lehrkräfteinterviews wurden zusammengefasst. Alle anderen Freitextdaten wurden mittel inhaltlich-strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) mit jeweils eigenen, induktiv am Material erarbeiteten Kategoriensystemen ausgewertet.

Es zeigte sich, dass sich abgesehen von einer Ausnahme (s.u.) die Ergebnisse der verschiedenen Datenerhebungsmethoden zur formativen Evaluation komplementär ergänzten oder kongruent deckten. Daher werden hier die zentralsten Ergebnisse über die Erhebungsmethoden hinweg zusammengefasst:

4.1 Gesamtkonzeption der EduChallenge

Der konzeptionelle Aufbau des EduChallenge-Konzepts mit authentischer Challenge-Stellung am Anfang sowie der Kombination aus hybriden Input- und ko-kreativen Arbeitsphasen wurde sowohl in den Interviews mit den Lehrkräften als auch in Schülerinterviews positiv hervorgehoben. Auch die Unterrichtsbeobachtung bestätigt die Durchführbarkeit des Konzepts mit intensiver Schüleraktivierung.

4.2 Challenge-Video zum Einstieg und Motivation

Der einzige Punkt, zu dem verschiedene Datenerhebungsmethoden zu einem divergenten Ergebnis führten, betraf die Auswirkung des Einstiegsvideos auf die Motivation der Lernenden: Während das Challenge-Einstiegsvideo von den Lehrkräften als sehr motivationsförderlich beschrieben wurde, konnte diese Einschätzung durch die Unterrichtsbeobachtung und Interviews mit den Lernenden nicht bestätigt werden. Lernende schätzten das Video mit Bezug auf ihre Motivation neutral ein. Insgesamt deuteten verschiedene Faktoren auf ein hohes Motivationsniveau der Lernenden in der *EduChallenge* hin. Es muss hierbei jedoch berücksichtigt werden, dass mit der bisherigen Evaluation nicht differenziert werden kann, ob die Motivation der Lernenden durch das *EduChallenge*-

Konzept selber oder die für die Jugendlichen außergewöhnliche Situation eines universitären Kooperationsprojekts im Regelunterricht oder ein anderes Element wie den für die meisten Lernenden noch neuen Einsatz von iPads gefördert wurde. Dies näher zu untersuchen ist ein Forschungsdesiderat des nächsten Erprobungs- und Evaluationszyklus.

4.3 Hybride Lernumgebung

Unterrichtsbeobachtung, Interviews mit Lernenden und den Lehrkräften stimmten darin überein, dass die Kombination aus analogem Laborbuch zur Anleitung und Ergebnissicherung und digitaler Informationsbasis praktikabel und lernförderlich eingesetzt werden konnte.

4.4 Umfang und Zeit

Die Unterrichtsbeobachtung und alle Interviews stimmten darin überein, dass die Zeit für die Fülle an Konzepten und die umfangreiche eigene Arbeit zu knapp bemessen war. Hierzu erfolgt daher im nächsten Zyklus eine Überarbeitung: inhaltlich wird sich die Challenge im zweiten Zyklus auf die Konzepte *Modelle*, *Simulation*, *Peer Review* fokussieren. Um diesen Fokus zu berücksichtigen, wird auch der Titel der EduChallenge im zweiten Zyklus angepasst (zu *EduChallenge: Modellbildung*).

4.5 Numerische Simulation

Das Prinzip der numerischen Simulation mit *Python* in der App *Carnets* für iPads wurde von den Lernenden entsprechend der Planung umgesetzt, wobei jedoch eine Reihe von Problemen auftrat, bei denen die Unterstützung mehrerer gleichzeitig anwesender Projekt-Mitarbeitenden nötig war. Außerdem gab es große Unterschiede in der Bearbeitung der Aufgabe zwischen Jugendlichen mit und ohne vorausgegangener Programmiererfahrung. Bei der Überlagerung von Simulations- und Realvideo zu der Wurfbewegung in *iMovie* (Grundlage des Vergleichs von Modell und Beobachtung) kam es zu deutlichen technischen Problemen. Zu diesen Punkten erfolgt eine grundlegende Überarbeitung für den nächsten Zyklus.

4.5 Arbeitsprodukt, Peer Review, Feedback

Die Erstellung eines wissenschaftlichen Artikels als authentisches Arbeitsprodukt sowie der Peer Review-Prozess zwischen den Arbeitsgruppen wurden sowohl von Lernenden als auch von den Lehrkräften als lernförderlich eingeschätzt. Von den Lernenden wurde jedoch teils angemerkt, dass das Peer-Feedback der Mitschüler:innen oft nicht so hilfreich war wie Feedback durch die Lehrkraft. Auch eine Analyse der Arbeitsergebnisse bestätigt, dass ein Feedback der Lehrkraft ergänzend zu dem Peer Review-Feedback der Mitschüler:innen die Qualität der Lernprodukte und des Lernprozesses fördern kann. Um im Kontext des Publikationsprozesses zu bleiben, könnte die Lehrkraft die Rolle einer universitären Schreibberatung einnehmen, die dem eigentlichen Peer Feedback-Prozess vorgelagert ist, und/oder die einer Journal-

Herausgeberin, die ebenfalls auf textliche Probleme hinweist und Vorschläge macht.

4.6 Weitere Unterstützung von Lehrkräften

Weitergehend haben die Lehrkräfte den Wunsch nach Begleitmaterialien für Lehrkräfte und einem Vorschlag für einen Benotungsleitfaden für die in der *EduChallenge* erbrachten Schülerleistungen geäußert. Auch dies soll im zweiten Zyklus ergänzt werden.

5. Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde der aktuelle Arbeitsstand der allgemeinen Konzepte der *Perspektiven auf Naturwissenschaften* und der *EduChallenge* sowie das daraus entwickelte konkrete Beispiel-Lernarrangement der *EduChallenge: Perspektiven auf Naturwissenschaften* skizziert. Dies wurde Ende 2021 in einem ersten Prototyp an zwei Schulen erprobt und evaluiert. Die formativen Ergebnisse zeigen sowohl die prinzipielle Durchführbarkeit des Konzepts, wie auch Entwicklungsmöglichkeiten des Prototyps.

Auf diesen Ergebnissen aufbauend entwickeln wir die zugrunde liegenden Gestaltungsansätze und das konkrete Beispiel-Lernarrangement weiter. Für Herbst 2022 ist ein zweiter Erprobungs- und Evaluationszyklus geplant. Schulen, die Interesse an einer Teilnahme haben, sind herzlich eingeladen sich unter der o.g. Mailadresse des Erstautors zu melden.

6. Literatur

- Barab, S. (2005). Design-Based Research. A Methodological Toolkit for the Learning Scientist. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Beigel, J., Klopsch, B., & Sliwka, A. (2022, noch in Arbeit). *Deeper Learning-Sequenzen designen - Ein Workbook*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Beigel, J., Runge, C., & Sliwka, A. (2021). Deeper Learning. Eine Chance für zeitgemäßes Lernen im Präsenz- und Distanzlernen. *Schule Leiten*, (24), 4–7. <https://www.friedrich-verlag.de/schulleitung/unterricht-schulentwicklung/deeper-learning-9065>
- Bijedić, T., Ebbers, I., & Halbfas, B. (Eds.). (2019). *Entrepreneurship Education. Begriff - Theorie - Verständnis*. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27327-9_1
- Billion-Kramer, T. (2021). Nature of Science. Lernen über das Wesen der Naturwissenschaften. In *essentials*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-658-33397-3>
- Crosslin, M. (2021). Conceptualising and Designing Self-Mapped Learning Pathways courses to encourage Learner Agency and Equity. In S. Hase & L. M. Blaschke (Eds.), *Unleashing the Power of Learner Agency* (S. 67–76). <https://edtechbooks.org/up>
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Why Does it Matter? *Science and Education*, 25(1–2), 147–164.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2109–2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014a). Family Resemblance Approach to Characterizing Science. In *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4_2
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014b). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*. <https://www.springer.com/de/book/9789401790567>
- Euler, D., & Sloane, P. F. E. (2014). *Design-Based Research* (D. Euler & P. F. E. Sloane, Eds.). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Fullan, M., Quinn, J., & McEachan, J. (2017). *Deep Learning. Engage the World Change the World*. Thousand Oaks, California: Sage Publishing.
- Heering, P., & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 105–119). Berlin: Springer.
- Heysel, J., & Bertoldi, F. (2021). Expliziter Unterricht zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung: “Perspektiven auf Naturwissenschaften” als Brücke zur Schulpraxis. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* (S. 681–684). https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2021/TB2021_681_Heysel.pdf
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 4(104), 1–26. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>

- Höttecke, D., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 271–287). Berlin: Springer.
- Höttecke, D., & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für Nature of Science (NOS). In T. Wilhelm, H. Schecker, & M. Hopf (Eds.), *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht* (S. 401–433). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-63053-2>
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science and Education*, 20(7), 591–607.
- Jung, E. (2010). *Kompetenzerwerb. Grundlagen, Didaktik, Überprüfbarkeit*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. (6th ed.). Weinheim Basel: Beltz.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4th ed.). Weinheim Basel: Beltz Juventa.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions* (2nd ed., Vol. 2). Chicago, London: University of Chicago Press.
- Kultusministerkonferenz (KMK). *Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife* (2020). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again? *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0002-0>
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies* (S. 3–26). Dordrecht: Springer.
- Mehta, J., & Fine, S. (2019). *In Search of Deeper Learning. The Quest to Remake the American High School*. Cambridge: Harvard University Press.
- Munz, V. (2022). *Die soziologische Perspektive auf die Natur der Naturwissenschaften – der Schulgarten als Analogie zu dem System Wissenschaft* (Bonn). <https://didaktik.physik.uni-bonn.de/educhallenge/>
- Popper, K. R. (1935). *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaften*. Wien: Springer.
- Rätz, J. (2022). *Modellierung und Simulation als naturwissenschaftliche Arbeitsweisen der Erkenntnisgewinnung im Unterricht* (Bonn). <https://didaktik.physik.uni-bonn.de/educhallenge/>
- Schulministerium NRW (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik*. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/160/KLP_GOST_Physik.pdf
- Sliwka, A. (2018). *Pädagogik der Jugendphase*. Weinheim Basel: Beltz.
- Sliwka, A., & Klopsch, B. (2022). *Deeper Learning in der Schule. Pädagogik des digitalen Zeitalters*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Woeste, I. (2022). *Das Peer-Review-Verfahren als wissenschaftliche Qualitätssicherung im Unterricht* (Bonn). <https://didaktik.physik.uni-bonn.de/educhallenge/>
- Zemplén, G. Á. (2009). Putting sociology first-reconsidering the role of the social in “nature of science” education. *Science and Education*, 18(5), 525–559.

Danksagung & Förderung

Wir danken herzlich den beiden Lehrerinnen, die mit uns bei diesem Projekt kooperiert haben! Sie haben damit die Erprobung erst ermöglicht und viele wertvolle Hinweise beigetragen. Auch allen Schüler:innen, die teilgenommen haben, gilt unser Dank.

Wir danken ebenso der Deutsche Telekom Stiftung, die das Kooperationsprojekt „EduChallenge“ der Universitäten Bonn und Heidelberg fördert.

Jan Heysel dankt außerdem der Stiftung der Deutschen Wirtschaft (sdw), die seine Promotion durch ein Promotionsstipendium unterstützt.